

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

03.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年 1 2 月 2 4 日  
Date of Application:

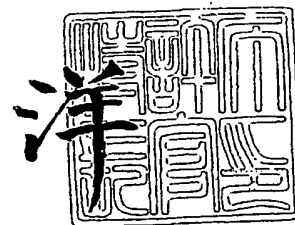
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 4 2 7 7 6 8  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 4 2 7 7 6 8 ]

出      願      人                      株式会社豊田中央研究所  
Applicant(s):                      トヨタ自動車株式会社

2 0 0 5 年    1 月 1 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 K03-208  
【提出日】 平成15年12月24日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 29/78  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内  
    【氏名】 河路 佐智子  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内  
    【氏名】 杉山 隆英  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内  
    【氏名】 臼井 正則  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内  
    【氏名】 堀田 幸司  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000003609  
    【氏名又は名称】 株式会社豊田中央研究所  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000003207  
    【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 110000110  
    【氏名又は名称】 特許業務法人 快友国際特許事務所  
    【代表社員】 小玉 秀男  
    【電話番号】 052-588-3361  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 172662  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0207894  
    【包括委任状番号】 0207541

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

一対の主電極と、  
一方の主電極と接続する第 1 導電型のボディコンタクト領域と、  
その一方の主電極と接続する第 2 導電型の第 2 導電型半導体領域と、  
そのボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域の少なくとも一部と接する第 1 導電型のボディ領域と、  
そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域からボディ領域によって隔てられている第 2 導電型のドリフト領域と、  
前記第 2 導電型半導体領域とドリフト領域を隔てているボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えている半導体装置において、  
ボディ領域とドリフト領域の接合界面よりボディ領域側に第 2 導電型のフローティング半導体領域または絶縁層が形成されていることを特徴とする半導体装置。

**【請求項 2】**

一対の主電極と、  
一方の主電極と接続する第 1 導電型のボディコンタクト領域と、  
その一方の主電極と接続する第 2 導電型の第 2 導電型半導体領域と、  
そのボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域の少なくとも一部と接する第 1 導電型のボディ領域と、  
そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域からボディ領域によって隔てられている第 2 導電型のドリフト領域と、  
前記第 2 導電型半導体領域とドリフト領域を隔てているボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えている半導体装置において、  
ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第 2 導電型の第 1 フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に第 2 導電型の第 2 フローティング半導体領域が形成されていることを特徴とする半導体装置。

**【請求項 3】**

一対の主電極と、  
一方の主電極と接続する第 1 導電型のボディコンタクト領域と、  
その一方の主電極と接続する第 2 導電型の第 2 導電型半導体領域と、  
そのボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域の少なくとも一部と接する第 1 導電型のボディ領域と、  
そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域からボディ領域によって隔てられている第 2 導電型のドリフト領域と、  
前記第 2 導電型半導体領域とドリフト領域を隔てているボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えている半導体装置において、  
ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第 2 導電型の第 1 フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に、その不純物濃度がドリフト領域の不純物濃度よりも高い第 2 導電型の高濃度半導体領域が形成されていることを特徴とする半導体装置。

**【請求項 4】**

前記第 1 フローティング半導体領域の少なくとも一部と、第 2 フローティング半導体領域又は高濃度半導体領域の少なくとも一部が、少数キャリアの経路に位置していることを特徴とする請求項 2 または 3 の半導体装置。

**【請求項 5】**

第 1 導電型のボディ領域内に複数個の第 2 導電型のフローティング半導体領域が分散配置されていることを特徴とする請求項 2 ～ 4 のいずれかの半導体装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、一对の主電極と、その一对の主電極間を流れる電流のオン・オフを制御するゲート電極を備えた半導体装置に関し、とくにその半導体装置のオン電圧あるいはオン抵抗の低減化に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の一例として、バイポーラトランジスタの表面部にMOS構造を備えたIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) が知られている。この種の半導体装置は、一对の主電極と、その一对の主電極間を流れる電流のオン・オフを制御するゲート電極を備えている。ゲート電極にオン電圧が印加されると、一方の主電極からは半導体領域に電子キャリアが注入され、他方の主電極からは半導体領域に正孔キャリアが注入される。これにより半導体領域に伝導度変調が起こり、低いオン電圧を実現する。

【0003】

特許文献1には、この種の半導体装置において、低いオン電圧を実現する技術が記載されている。

【特許文献1】特開平8-316479号公報（その公報の図3参照）

【0004】

特許文献1に記載されている半導体装置を図10に模式的に示す（以下、本明細書ではこの構成を従来構造と称する）。図10に示す半導体装置8は、一对の主電極（この場合はエミッタ電極とコレクタ電極）間を流れる電流のオン・オフを制御するトレンチゲート電極332を備えている。

半導体装置8は、エミッタ電極Eと接続する $p^+$ 型のボディコンタクト領域334と、そのエミッタ電極Eと接続する $n^+$ 型のエミッタ領域336と、そのボディコンタクト領域334とエミッタ領域336を囲繞する $p^-$ 型のボディ領域328と、そのボディ領域328と接する $n^-$ 型のドリフト領域326とを備えている。ボディ領域328とドリフト領域326の間には、 $n^+$ 型の半導体領域340が設けられている。エミッタ領域336を貫いてトレンチが形成され、そのトレンチにトレンチゲート電極332が埋め込まれている。トレンチゲート電極332は、ゲート絶縁膜333を介してエミッタ領域336とドリフト領域326を隔てているボディ領域328に対向している。

ドリフト領域326と接する $n^+$ 型のバッファ領域324と、そのバッファ領域324に接する $p^+$ 型のコレクタ領域322とを備え、そのコレクタ領域322はコレクタ電極Dに接続されている。

【0005】

半導体装置8のオン状態の動作を説明する。エミッタ電極Eを接地し、コレクタ電極Cとトレンチゲート電極332に正電圧を印加すると、ボディ領域328のうちトレンチゲート電極332と対向する箇所が $n$ 型に反転される。電子キャリアがエミッタ領域336からその $n$ 型に反転した箇所を経由しドリフト領域326へ注入され、そしてバッファ領域324内に蓄積する。電子キャリアがバッファ領域324に蓄積すると、バッファ領域324とコレクタ領域322の接触電位差が低下し、コレクタ領域322からバッファ領域324とドリフト領域326へ正孔キャリアが注入される。これによりバッファ領域324及びドリフト領域326に伝導度変調が起こり、低いオン電圧を実現する。

コレクタ領域322から注入された正孔キャリアは、電子キャリアと再結合して消滅するか、ボディ領域328とボディコンタクト領域334を経由してエミッタ電極Eへと排出される。

特許文献1の半導体装置は、ドリフト領域326の上部にそのドリフト領域326よりも不純物濃度が高濃度の半導体領域340が形成されている。したがって、エミッタ電極Eへと排出される正孔キャリアが、この半導体領域340とドリフト領域326の界面に

形成されるポテンシャル障壁によってドリフト領域326内に溜まり易くなる(図10参照)。これにより、エミッタ・コレクタ電極間の正孔キャリア濃度が大きくなりオン電圧が低減される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1の半導体装置8において、半導体領域340を抜けてボディ領域328に流入した少数キャリアは、すぐにボディコンタクト領域334を経由してエミッタ電極Eへと排出されており、ボディ領域328内の少数キャリア濃度は小さいままであった。

本発明の目的は、ボディ領域内の少数キャリア濃度を高めることで、オン電圧の低減を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の半導体装置は、一対の主電極と、一方の主電極と接続する第1導電型のボディコンタクト領域と、その一方の主電極と接続する第2導電型の第2導電型半導体領域と、そのボディコンタクト領域と第2導電型半導体領域の少なくとも一部と接する第1導電型のボディ領域と、そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域と第2導電型半導体領域からボディ領域によって隔てられている第2導電型のドリフト領域と、前記第2導電型半導体領域とドリフト領域を隔てているボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えている。

本発明の一つの半導体装置は、ボディ領域とドリフト領域の接合界面よりボディ領域側に第2導電型のフローティング半導体領域または絶縁層が形成されていることを特徴としている。フローティング半導体領域は、ドリフト領域と離反して形成されており、フローティング状態である。

このフローティング半導体領域または絶縁層の形成位置は、ボディ領域内であってもよく、ボディコンタクト領域に直接接触していてもよく、あるいはボディコンタクト領域内に形成されていてもよい。要は、ボディ領域とドリフト領域の接合界面よりもボディ領域側に形成されていればよい。

なお、本発明はMOSFET、IGBT、サイリスタ等に適用することができ、MOSFETであれば一対の主電極はドレイン・ソース電極であり、第2導電型半導体領域がソース領域となる。IGBTやサイリスタであれば一対の主電極はエミッタ・コレクタ電極であり、第2導電型半導体領域がエミッタ領域となる。

【0008】

従来構造では、ボディ領域内の少数キャリア濃度は、そのボディ領域内に亘って小さいという問題があった。上記の半導体装置によると、ボディ領域とドリフト領域の接合界面よりもボディ領域側に第2導電型のフローティング半導体領域が形成されているために、そのフローティング半導体領域によって少数キャリアはボディ領域内に溜められる。したがって、ボディ領域内の少数キャリア濃度が高くなり、ひいては一対の主電極間の少数キャリア濃度が高くなる。このためオン電圧の低減を実現できる。

【0009】

本発明の他の一つの半導体装置は、ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第2導電型の第1フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に第2導電型の第2フローティング半導体領域が形成されていることを特徴としている。第2フローティング半導体領域は、ドリフト領域と離反して形成されており、フローティング状態である。

【0010】

ドリフト領域からボディ領域そしてボディコンタクト領域を亘ってエミッタ電極へ排出される少数キャリア濃度は、ドリフト領域とボディ領域のpn接合界面で最も小さくなり易い。上記の半導体装置の場合、第2フローティング半導体領域によって、少数キャリア

は上記の p n 接合界面近傍に溜められ、さらに第 1 フローティング半導体領域によってボディ領域内にも溜められる。

上記の半導体装置によると、ボディ領域とドリフト領域の p n 接合界面と、ボディ領域内の少数キャリアの濃度を同時に高くすることができる。これによりボディ領域内の広い範囲に亘って少数キャリア濃度が高くなり、ひいては一对の主電極間の少数キャリア濃度が高くなる。このためオン電圧の低減を実現できる。

#### 【0011】

本発明の他の一つの半導体装置は、ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第 2 導電型の第 1 フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に、その不純物濃度がドリフト領域の不純物濃度よりも高い第 2 導電型の高濃度半導体領域が形成されていることを特徴としている。

高濃度半導体領域は、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍であり、ボディ領域と接していても、あるいは離反していてもよい。

高濃度半導体領域の不純物濃度がドリフト領域の不純物濃度よりも高ければ、ドリフト領域からボディ領域そしてボディコンタクト領域を亘ってエミッタ電極へ排出される少数キャリアは、高濃度半導体領域によってドリフト領域とボディ領域の p n 接合界面近傍に溜められる。さらに、第 2 導電型の半導体領域を抜けてエミッタ電極へと排出される少数キャリアは、第 1 フローティング半導体領域によってボディ領域内に溜められる。したがって、一对の主電極間の少数キャリア濃度が高くなる。このためオン電圧の低減を実現できる。

#### 【0012】

第 1 フローティング半導体領域の少なくとも一部と、第 2 フローティング半導体領域又は高濃度半導体領域の少なくとも一部が、少数キャリアの経路に位置していることが好ましい。

ドリフト領域からボディ領域そしてボディコンタクト領域を亘ってエミッタ電極へ排出される少数キャリアの経路に対して、上記の各構成要素が位置していると、その少数キャリアを溜める効果を有効に活用することができる。

#### 【0013】

第 1 導電型のボディ領域内に複数個の第 2 導電型のフローティング半導体領域が分散配置されていることが好ましい。

フローティング半導体領域の形状はとくに限定されるものでない。また、その形成位置もとくに限定されず、例えば一对の電極間方向にフローティング半導体領域とボディ領域が交互に複数形成されていたり、また一对の電極間方向に直交する面内で部分的に配置されていてもよく、要はボディ領域内において空間的に分散配置されていればよい。

第 1 フローティング半導体領域と、第 2 フローティング半導体領域のみの場合に比して、ボディ領域の全領域に亘って少数キャリア濃度をさらに高くすることができる。オン電圧がさらに低減される。

#### 【発明の効果】

#### 【0014】

本発明に係る半導体装置によれば、ボディ領域内において少数キャリアを蓄積することができる。少数キャリア濃度が高くなりオン電圧が低減される。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0015】

最初に実施例の主要な特徴を列記する。

(第 1 実施形態) 一对の主電極と、その一对の主電極間を流れる電流のオン・オフを制御するゲート電極を備えており、一方の主電極(例えばエミッタ電極)と接続する第 1 導電型(例えば p 型)のボディコンタクト領域と、その主電極と接続する第 2 導電型(例えば n 型)のエミッタ領域と、そのボディコンタクト領域とエミッタ領域の少なくとも一部と接する第 1 導電型のボディ領域と、そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域及びエミッタ領域からはボディ領域によって隔てられている第 2 導電型のドリフト

領域と、そのドリフト領域と接するとともに、ボディ領域からはそのドリフト領域によって隔てられ、他方の主電極（例えばコレクタ電極）と接続する第1導電型のコレクタ領域と、前記エミッタ領域とドリフト領域を隔てるボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えているIGBT構造の半導体装置において、ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第2導電型の第1フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に第2導電型の半導体領域が形成されていることを特徴とする半導体装置。

（第2実施形態） 一对の主電極と、その一对の主電極間を流れる電流のオン・オフを制御するゲート電極を備えており、一方の主電極（例えばソース電極）と接続する第1導電型（例えばp型）のボディコンタクト領域と、その主電極と接続する第2導電型（例えばn型）のソース領域と、そのボディコンタクト領域とソース領域の少なくとも一部と接する第1導電型のボディ領域と、そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域及びソース領域からはボディ領域によって隔てられている第2導電型のドリフト領域と、そのドリフト領域と接するとともに、ボディ領域からはそのドリフト領域によって隔てられ、他方の主電極（例えばドレイン電極）と接続する第2導電型のドレイン領域と、前記ソース領域とドリフト領域を隔てるボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えているMOS型の半導体装置において、ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第2導電型の第1フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に第2導電型の半導体領域が形成されていることを特徴とする半導体装置。

（第3実施形態） 第1実施形態または第2実施形態の第2導電型の半導体領域がフローティング状態である。

（第4実施形態） 第1実施形態または第2実施形態の第2導電型の半導体領域の不純物濃度が、ドリフト領域の不純物濃度よりも高い。

#### 【実施例】

##### 【0016】

各実施例を、図面を参照して以下に詳細に説明する。

（第1実施例） 図1には、第1実施例の半導体装置1の要部断面図が示されている。半導体装置1はエミッタ・コレクタ電極間を流れる電流のオン・オフを制御するトレンチゲート電極32を備えた半導体装置である。

アルミニウム等からなるコレクタ電極C上にp<sup>+</sup>型の不純物を含有するシリコン単結晶のコレクタ領域22が形成されている。そのコレクタ領域22上にはn<sup>+</sup>型の不純物を含有するバッファ領域24が形成されている。そのバッファ領域24上にはn<sup>-</sup>型の不純物を含有するドリフト領域26が形成されている。ドリフト領域26上にはそのドリフト領域26よりも不純物が高濃度なn<sup>+</sup>型の高濃度半導体領域40aが形成されている。その半導体領域40a上にp<sup>-</sup>型の不純物を含有するボディ領域28が形成されている。

ボディ領域28内には、選択的にn<sup>+</sup>型の不純物を含有するエミッタ領域36とp<sup>+</sup>型のボディコンタクト領域34が形成されており、そのボディコンタクト領域34とボディ領域28のpn接合界面の近傍にはn<sup>+</sup>型の第1フローティング半導体領域40bが形成されている。

エミッタ領域36とドリフト領域26を隔てているボディ領域28と第1フローティング半導体領域40bと高濃度半導体領域40aとを貫通してドリフト領域26に達するトレンチが形成されている。そのトレンチにはポリシリコンが埋設され、トレンチゲート電極32が形成されている。トレンチゲート電極32は、ゲート絶縁膜33を介してボディ領域28と第1フローティング半導体領域40bと高濃度半導体領域40aとに対向している。

各半導体領域の不純物濃度は、コレクタ領域22が $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、バッファ領域24が $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、ドリフト領域26が $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、高濃度半導体領域40aが $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、ボディ領域28が $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、第1フローティング半導体

領域が $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、ボディコンタクト領域34が $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、エミッタ領域36が $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で形成されるのが好ましい。

#### 【0017】

図2には半導体装置1の要部斜視図が示されている。

高濃度半導体領域40a及び第1フローティング半導体領域40bがエミッタ領域34の下方に部分的に形成されており、第1フローティング半導体領域40bの下方のボディ領域28がボディコンタクト領域36と接触しフローティング状態になっていない（紙面奥側で接続している）。この場合、半導体装置1がターンオフしたとき、ボディ領域28内の正孔キャリアを素早く外部へ排出することができるために、スイッチング速度が速くなり好適である。

一方、第1フローティング半導体領域40bの下方のボディ領域28が、チップ全体に亘ってフローティング状態になっていてもよい。この場合、チップ内部に溜められた正孔キャリアは、フローティング状態のボディ領域28から第1フローティング半導体領域40bを通過して表面に形成されているボディコンタクト領域34へ流れこむ。このとき、ボディ領域28が空乏化することからスイッチング速度が速くなり好適である。

なお、半導体装置1のように、高濃度半導体領域40a及び第1フローティング半導体領域40bが、エミッタ領域34近傍のボディコンタクト領域36の下方に形成されているのが好ましい。エミッタ電極Eへと排出される正孔キャリアは、エミッタ領域34から注入される電子キャリアに引き寄せられ、エミッタ領域34近傍のボディコンタクト領域36からエミッタ電極Eへと排出される。つまり正孔キャリアの経路に高濃度半導体領域40a及び第1フローティング半導体領域40bが位置している。したがって、上記の箇所に半導体領域40a及び第1フローティング半導体領域40bが形成されていると効果的に正孔キャリアを溜めることができる。

なお、第1フローティング半導体領域40bは、ボディ領域28内部に形成されていてもよい。ボディ領域28の内部に形成されることで、フローティング電位がより形成され易くなり、電界がかかりにくくなり高耐圧化を実現できる。

#### 【0018】

次に半導体装置1がオン状態のときの動作を説明する。

エミッタ電極Eを接地し、コレクタ電極Cとトレンチゲート電極32に正電圧を印加すると、ボディ領域28のうちトレンチゲート電極32と対向する箇所がn型に反転される。電子キャリアがエミッタ領域34からそのn型に反転した箇所をトレンチゲート電極32に沿って通過し、ドリフト領域26へと注入される。ドリフト領域26に注入された電子キャリアは、そのドリフト領域26内をコレクタ電極C側へ向かって流れ、電子キャリアはバッファ領域24内に蓄積する。電子キャリアがバッファ領域24に蓄積すると、バッファ領域24とコレクタ領域22の接触電位差が低下し、コレクタ領域22からバッファ領域24とドリフト領域26へ正孔キャリアが注入される。これによりバッファ領域24及びドリフト領域26に伝導度変調が起こり、低いオン電圧を実現する。

#### 【0019】

コレクタ領域22から注入された正孔キャリアは、電子キャリアと再結合して消滅するか、ボディ領域28とボディコンタクト領域34を亘ってエミッタ電極Eへと排出される。図1には、エミッタ電極Eへと排出される正孔キャリアが模式的に示されている。

まず、正孔キャリアは高濃度半導体領域40aとドリフト領域26の接合界面に形成されるポテンシャル障壁によって、この接合界面近傍のドリフト領域26内に溜められる。この高濃度半導体領域40aとドリフト領域26の接合界面のポテンシャル障壁を超えてボディ領域28に流入した正孔キャリアは、さらに第1フローティング半導体領域40bとボディ領域28の接合界面に形成されるポテンシャル障壁によって、この接合界面近傍のボディ領域28内に溜められる。この第1フローティング半導体領域40bとボディ領域28の接合界面のポテンシャル障壁を超えた正孔キャリアはエミッタ電極へと排出される。



## 【0020】

図1のボディコンタクト領域34から第1フローティング半導体領域40b、ボディ領域28、高濃度半導体領域40a、ドリフト領域26、バッファ領域24、そしてコレクタ領域22までの図1中III-III線に対応したエミッタ・コレクタ電極間の正孔キャリア濃度が図3に示されている。

図3の図面上端がエミッタ電極Eであり、図面下端がコレクタ電極Cであり、図面左端には対応する各領域の番号が示されている。横軸が正孔キャリア濃度であり、右側ほど正孔キャリア濃度が高い。

なお、図3の図示12が第1実施例の半導体装置1のエミッタ・コレクタ電極間の正孔キャリア濃度であり、図示11が従来構造（高濃度半導体領域40aのみが形成されている場合に相当する）の正孔キャリア濃度であり、図示10が第1フローティング半導体領域40bや、高濃度半導体領域40aが形成されていない場合の正孔キャリア濃度である。

## 【0021】

まず、図示10の第1フローティング半導体領域40bや、高濃度半導体領域40aが形成されていない場合を見てみると、ボディ領域28とドリフト領域26のpn接合界面で正孔キャリア濃度が最も減少し、ボディ領域28内の正孔キャリア濃度が低い状態で連続していることが分かる。また、ドリフト領域26内の正孔キャリア濃度もコレクタ領域22側からエミッタ領域36側に向かって低くなっていることが分かる。

従来構造の図示11の場合では、ボディ領域28とドリフト領域26の接合界面に高濃度半導体領域（40aに相当する）が形成されているために、この接合界面の正孔キャリア濃度が図示10に比して高くなっている。しかしながら、ボディ領域28内の正孔キャリア濃度は低い状態で連続していることが分かる。このことから、従来構造では、ボディ領域28とドリフト領域26の接合界面に形成された高濃度半導体領域（40aに相当する）によるポテンシャル障壁を超えてボディ領域28内に流入した正孔キャリアは、すぐにエミッタ電極へと排出されてしまう。また、従来構造の場合でも、ドリフト領域26内の正孔キャリア濃度はコレクタ領域22側からエミッタ領域36側に向かって低くなっている。

一方、図示12の第1実施例の半導体装置1の場合を見てみると、ボディ領域28内の正孔キャリア濃度が高い状態で連続していることが分かる。また、ドリフト領域26内において、コレクタ領域C側からエミッタ領域E側に向かって減少する正孔キャリア濃度の減少幅が、従来構造に比して緩和されている。したがって、エミッタ・コレクタ電極間に亘って正孔キャリア濃度が高くなっている。このことから、従来構造などに比して半導体装置1のオン電圧は低減されている。

## 【0022】

第1実施例の半導体装置1をターンオフすると、高濃度半導体領域40aと第1フローティング半導体領域40bのそれぞれからボディ領域28へ空乏層が広がる。高濃度半導体領域40aのみを備える半導体装置（従来構造に相当する）と比較すると、ボディ領域28内の広い領域を空乏化することができる。したがって、従来構造に比して耐圧を向上し得る。また、従来構造では、正孔キャリアの蓄積効果をさらに向上しようと、高濃度半導体領域40aに相当する領域の不純物濃度を増加させると、その領域とボディ領域のpn接合界面で電界を保持できなくなり、耐圧特性が劣化してしまうという問題があった。第1実施例の半導体装置1では、不純物濃度を高くする必要がない。したがって電界が集中することがない。

また、このターンオフのときの空乏化に伴い、正孔キャリアは短い時間でエミッタ電極へ排出される。従来構造に比してターンオフ時間が短くなりスイッチング速度が速くなる。

## 【0023】

以下、第1実施例の半導体装置1を基本構造とした変形例を、図面を参照して説明する。なお、略同一構成には同一番号を付して説明を省略する場合がある。

(第2実施例) 図4に示す第2実施例の半導体装置2は、第1実施例の半導体装置1と比して、高濃度半導体領域40aと第1フローティング半導体領域40bのみならず、ボディ領域28内にさらに第3フローティング半導体領域40cが付加されている。

第3フローティング半導体領域40cが付加されると、さらにボディ領域28内の正孔キャリア濃度を高くすることができ、オン電圧がさらに低減される。また、第3フローティング半導体領域40cは、半導体装置2がターンオフするときのボディ領域28の空乏化にも効果があり、耐圧の向上やターンオフ時間の短縮に効果を奏する。

#### 【0024】

(第3実施例) 図5に示す第3実施例の半導体装置3は、高濃度半導体領域41aと各フローティング半導体領域(41b、41c)がトレンチゲート電極32と接していない。

この場合でも、ボディ領域28内の正孔キャリア濃度を高くする効果を奏する。少なくともボディコンタクト領域34とボディ領域28の接合界面近傍(41b)と、ボディ領域28とドリフト領域26の接合界面近傍(41a)に、部分的に半導体領域が形成されていればよい。第3フローティング半導体領域41cはボディ領域28内において、空間的に分散配置されていればよい。

#### 【0025】

(第4実施例) 図6に示す第4実施例の半導体装置4は、ドリフト領域26に所謂スーパージャンクション構造が形成された場合である。このスーパージャンクション構造は、n型不純物を含有するn型コラム25と、p型不純物を含有するp型コラムがエミッタ・コレクタ電極間方向に伸びており、エミッタ・コレクタ電極間方向に直交する面内で、n型コラム25とp型コラムの互層が交互に繰返されている。半導体装置4のn型コラム25とp型コラム23は薄板状であり、エミッタ・コレクタ電極間方向に直交する面で断面視したときにストライプ状に形成されている。

半導体装置4は、半導体装置1～3と同様の作用効果によりボディ領域28内の正孔キャリア濃度が高くなり、オン電圧が低減されることに加え、スーパージャンクション構造によりドリフト領域26のオン抵抗の低減化と耐圧の向上を図ることができる。

なお、スーパージャンクション構造は、n型コラム25とp型コラム23がエミッタ・コレクタ電極間方向に伸びており、エミッタ・コレクタ電極間方向に直交する面内で、n型コラム25とp型コラムの互層が交互に繰返されていればよい。例えばn型コラム25とp型部分領域のそれぞれが薄板状であれば、n型部分領域とp型部分領域は一方方向に繰返される。n型コラム25とp型コラム23のそれぞれの断面が長方形の柱状であれば、各柱を千鳥格子状に配置することで各コラムが2方向に繰返されるスーパージャンクション構造が得られる。n型コラム25とp型コラム23のそれぞれの断面が正六角形の柱状であれば、交互に隙間なく配置することで各コラムが3方向に繰返されるスーパージャンクション構造が得られる。あるいは、面的に広がるn型コラム25のなかに、断面が長方形の柱状のp型コラム23を相互に間隔をおいて2方向に繰返し配置したり、断面が正六角形のp型コラム23を相互に間隔をおいて3方向に繰返し配置したりすることによっても、n型コラム25とp型コラム23が電極間方向に直交する面内で交互に繰返されているスーパージャンクション構造が得られる。要は少なくとも一方方向に繰返されていればよい。

#### 【0026】

(第5実施例) 図7に示す第5実施例の半導体装置5は、スーパージャンクション構造を有する第4実施例の変形例の一つであり、ドリフト領域26内においてp<sup>-</sup>型のp型フローティング領域27が空間的に分散配置されている。

ドリフト領域26のスーパージャンクション構造は、第4実施例のように、エミッタ・コレクタ電極間方向に直交する面内でn型コラム25とp型コラム26が交互に繰返される他に、第5実施例のようにp型フローティング領域27が空間的に分散配置されているもよい。

#### 【0027】

(第6実施例) 図8に示す第6実施例の半導体装置6は、ドリフト領域が備えられていない構成である。半導体領域の全領域がボディ領域128に相当する。このボディ領域128内に、エミッタ・コレクタ電極間を遮るように複数のフローティング半導体領域143が形成されている。エミッタ電極E側からコレクタ電極C側までトレンチゲート電極132が形成されている。

この半導体装置6のオン状態では、トレンチゲート電極132に沿って形成される反転層を経由して、エミッタ領域136から電子キャリアがバッファ領域124へ注入される。一方、コレクタ領域122から注入された正孔キャリアは、ボディ領域128を経由してエミッタ電極へと向かうが、各フローティング半導体領域143の正孔キャリアの蓄積効果によって、ボディ領域128内の正孔キャリア濃度は高くなる。したがってオン電圧は低い。

また、この半導体装置6がターンオフすると、各フローティング半導体領域143とボディ領域128のpn接合界面から空乏層が広がるために、ボディ領域128の広い範囲に空乏化される。耐圧は高い。また、この空乏化によってボディ領域128に蓄積していた正孔キャリアは素早くエミッタ電極へと排出されるためにターンオフ時間は短い。

#### 【0028】

(第7実施例) 図9に示す第7実施例の半導体装置7は、ゲート電極232がプレーナ型である。この場合でも少なくともボディコンタクト領域234とボディ領域228の接合界面近傍(244b)と、ボディ領域228とドリフト領域226の接合界面近傍(244a)に、部分的に半導体領域が形成されていると、ボディ領域228内の正孔キャリア濃度を高くすることができ、オン電圧が低減される。

#### 【0029】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

例えば、トレンチゲート電極がドリフト領域の下方深くまで形成されたディープトレンチタイプであってもよい。

また、以上の各実施例ではIGBT半導体素子について記述しているが、他の素子(サイリスタ、バイポーラトランジスタ、パワーMOS)等にも同様の効果を得ることができる。

また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0030】

- 【図1】第1実施例の半導体装置1の要部断面図を示す。
- 【図2】第1実施例の半導体装置1の要部斜視図を示す。
- 【図3】エミッタ・コレクタ電極間の正孔キャリア濃度分布を示す。
- 【図4】第2実施例の半導体装置2の要部断面図を示す。
- 【図5】第3実施例の半導体装置3の要部断面図を示す。
- 【図6】第4実施例の半導体装置4の要部断面図を示す。
- 【図7】第5実施例の半導体装置5の要部断面図を示す。
- 【図8】第6実施例の半導体装置6の要部断面図を示す。
- 【図9】第7実施例の半導体装置7の要部断面図を示す。
- 【図10】従来構造の半導体装置8の要部断面図を示す。

#### 【符号の説明】

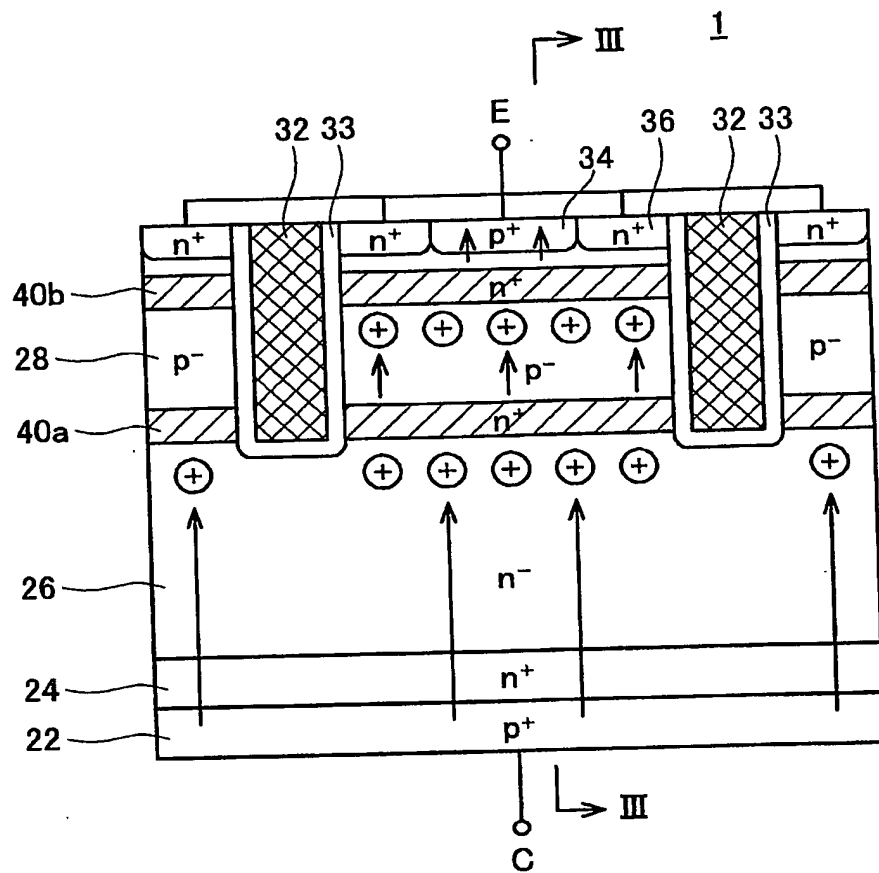
##### 【0031】

- 22: コレクタ領域
- 24: バッファ領域

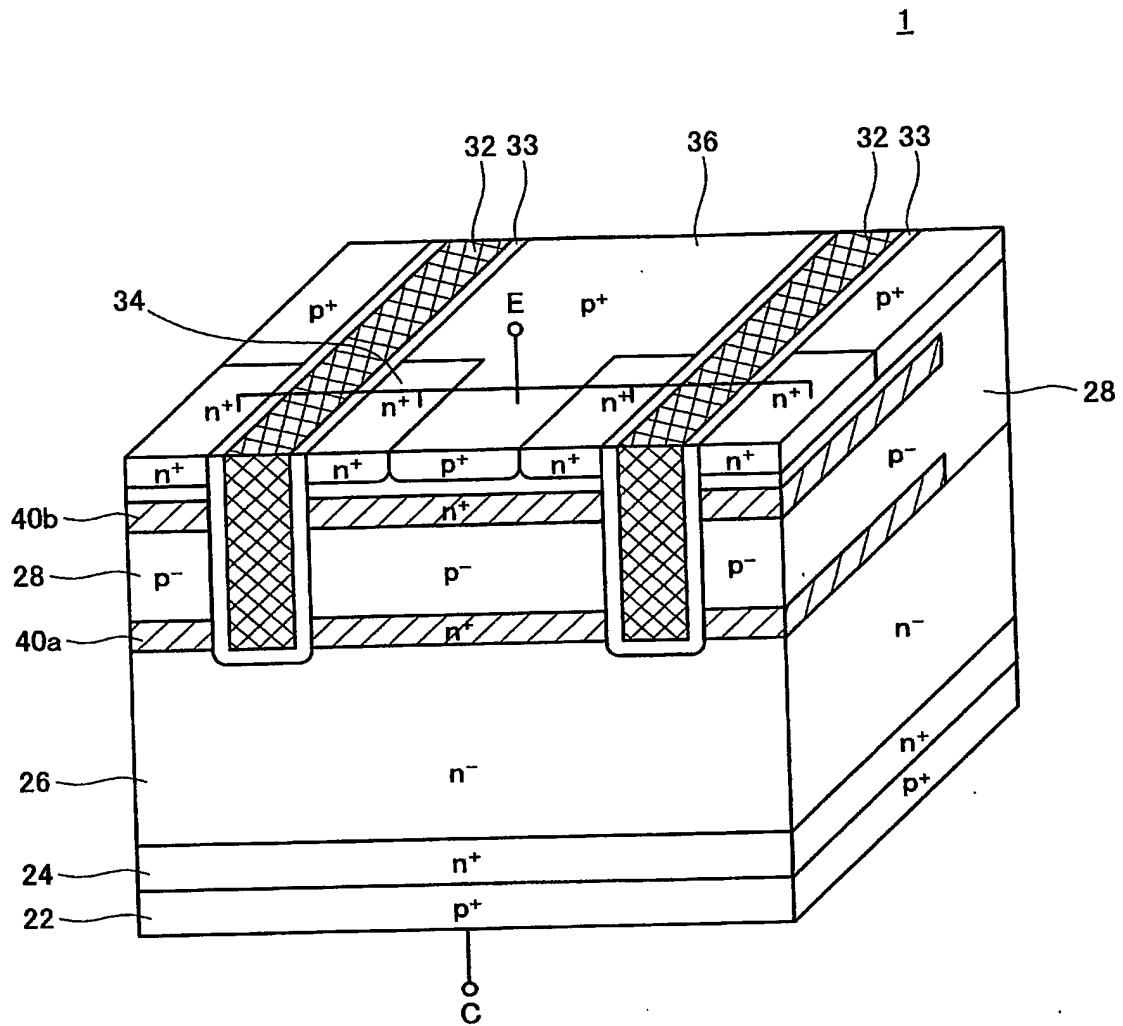
- 26 : ドリフト領域
- 28 : ボディ領域
- 32 : トレンチゲート電極
- 33 : ゲート絶縁膜
- 34 : ボディコンタクト領域
- 36 : エミッタ領域 (第2導電型半導体領域)
- 40a : 高濃度半導体領域
- 40b : 第1フローティング半導体領域
- 40c : 第3フローティング半導体領域

【書類名】 図面

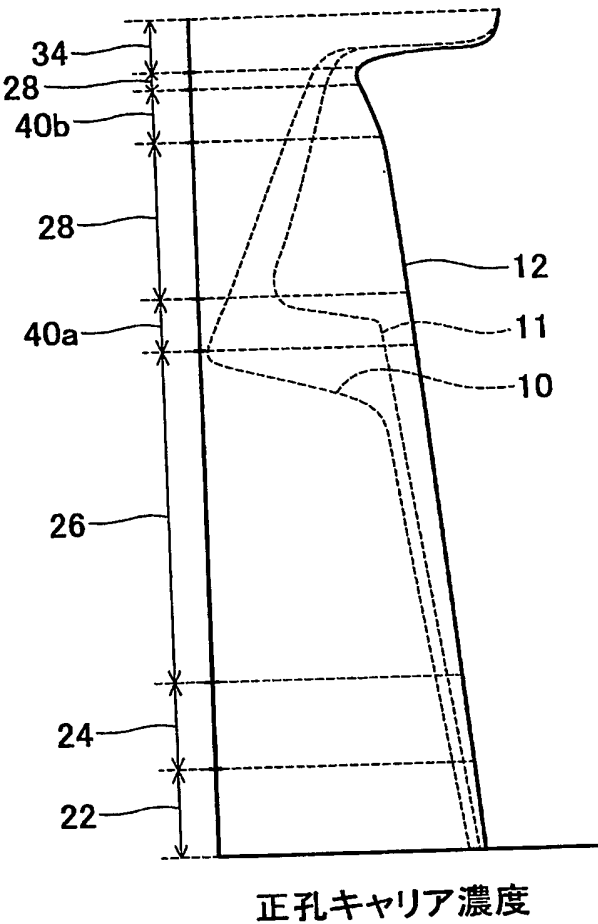
【図 1】



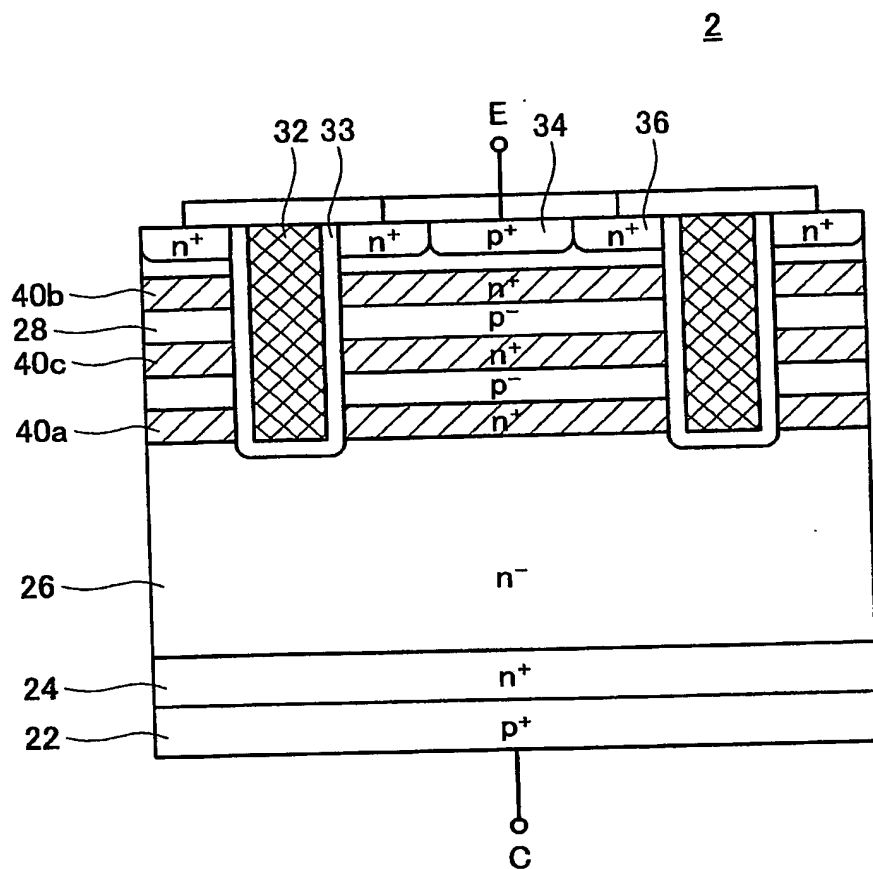
【図 2】



【図 3】

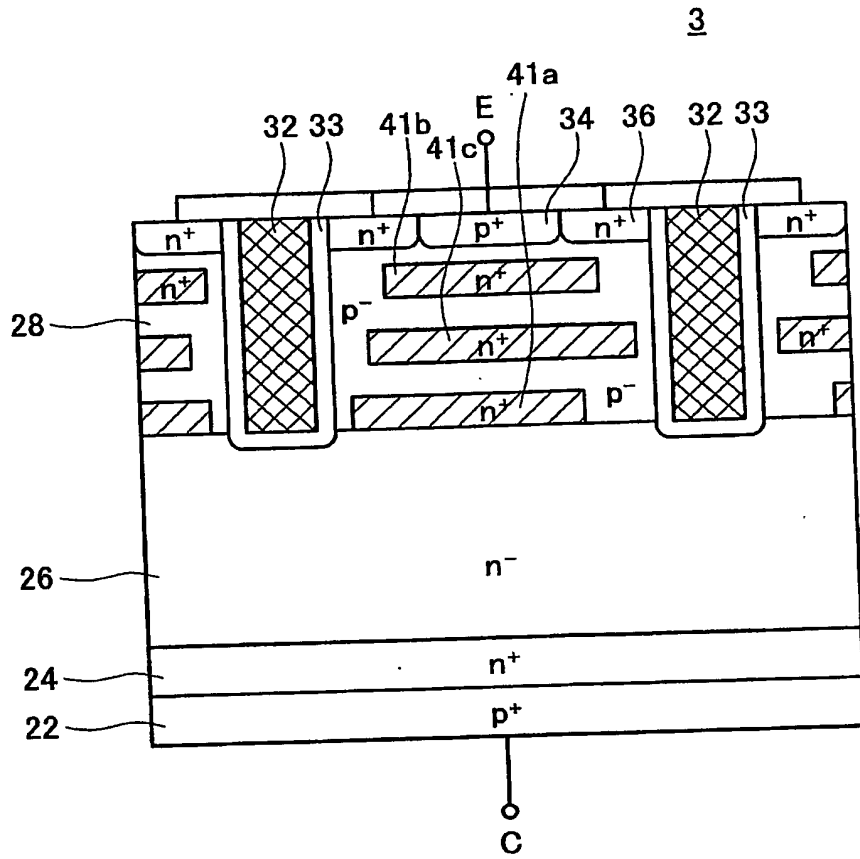


【図 4】

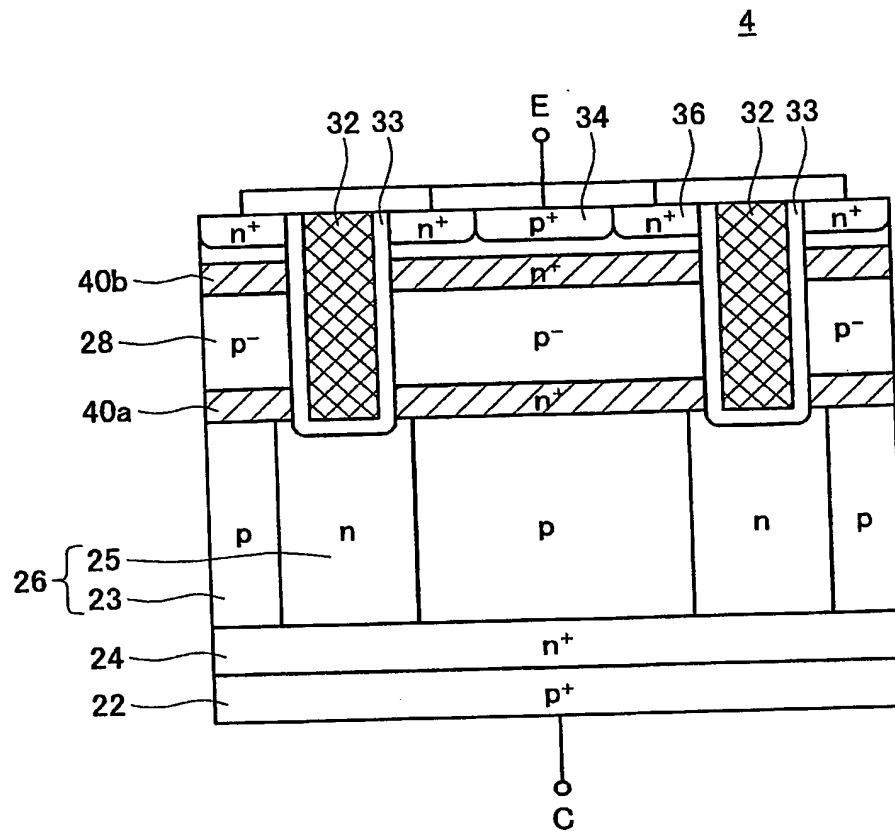




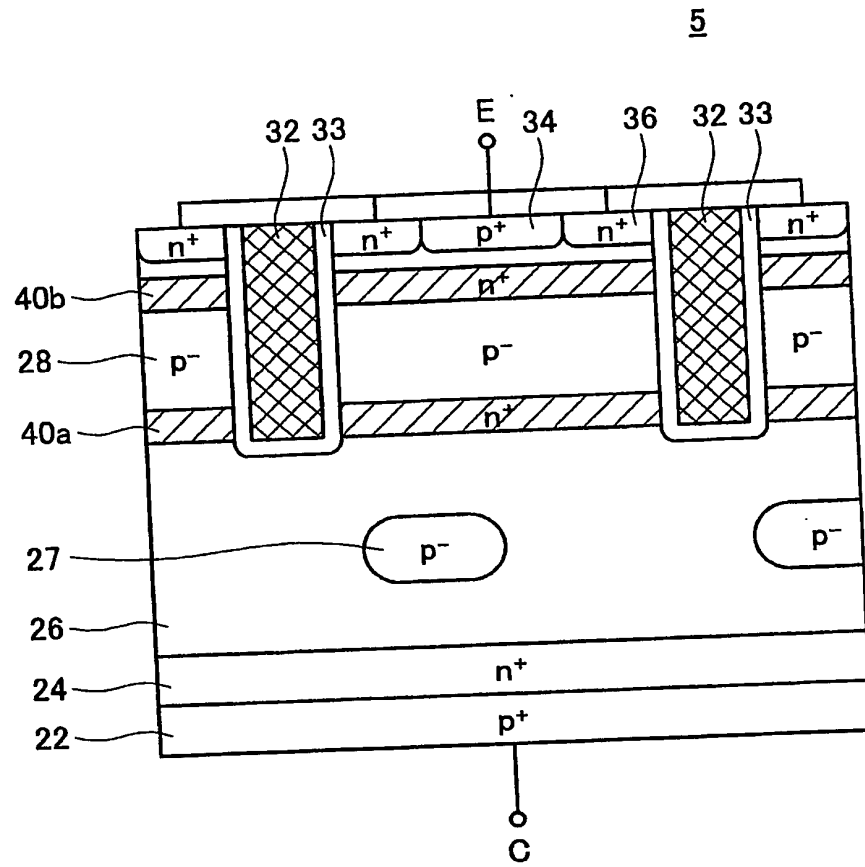
【図 5】



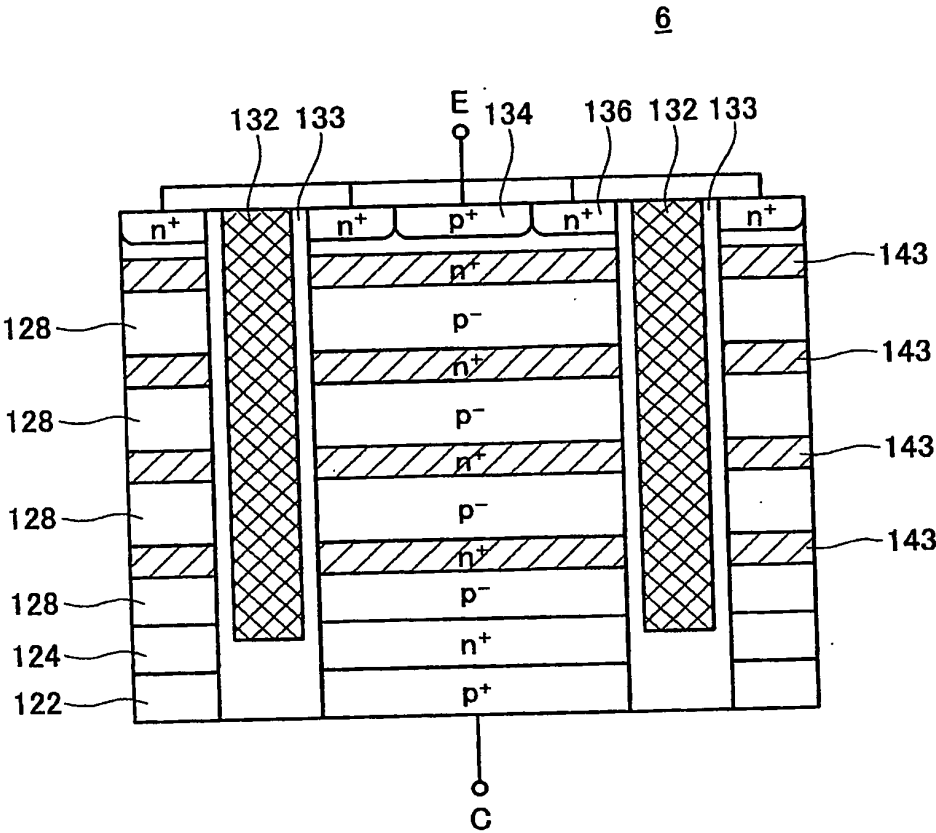
【図 6】



【図 7】

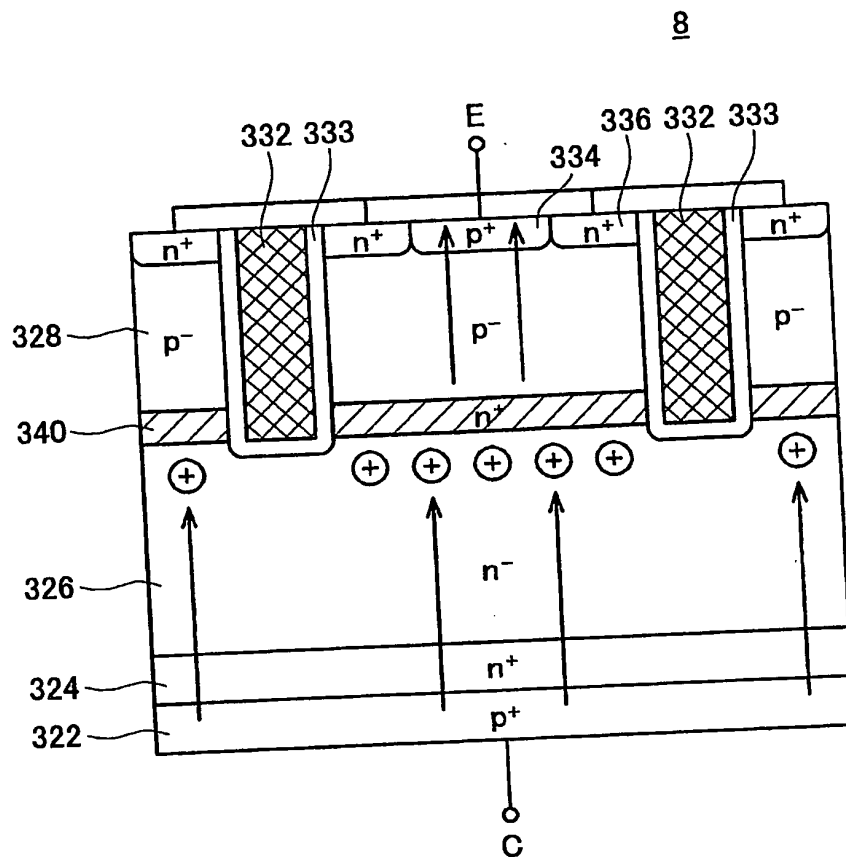


【図 8】





【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 エミッタ・コレクタ電極間の正孔キャリア濃度を高くしてオン電圧を低減する

。【解決手段】 一対の主電極（エミッタ・コレクタ電極）と、その一対の主電極間を流れる電流のオン・オフを制御するトレンチゲート電極 32 を備えている半導体装置において、ボディコンタクト領域 34 とボディ領域 28 の接合界面近傍に  $n^+$  型の第 1 フローティング半導体領域 40b が形成されており、ボディ領域 28 とドリフト領域 26 の接合界面近傍に  $n^+$  型の半導体領域 40a が形成されていることを特徴とする半導体装置。

【選択図】 図 1

特願 2003-427768

出願人履歴情報

識別番号

[000003609]

1. 変更新月日  
[変更理由]  
住所  
氏名

1990年 9月 6日  
新規登録  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1  
株式会社豊田中央研究所



特願 2003-427768

出願人履歴情報

識別番号

[000003207]

1. 変更年月日  
[変更理由]  
住 所  
氏 名

1990年 8月27日  
新規登録  
愛知県豊田市トヨタ町1番地  
トヨタ自動車株式会社

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/018432

International filing date: 03 December 2004 (03.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2003-427768  
Filing date: 24 December 2003 (24.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 27 January 2005 (27.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse